

## Размер электрона и проблема устойчивости атомной структуры

### Аннотация

*Показано, что из поля зрения современной теории выпали вопросы устойчивости атомной структуры. Рассмотрен возможный вариант построения механизма, обеспечивающего устойчивость атомной структуры на чисто классических представлениях, построенный без привлечения каких-либо новых физических сущностей. Приведены примеры движения электронов в составе атома водорода, подтверждающие возможность существования такого механизма.*

### Ключевые слова

Атом, электрон, орбиты электрона, устойчивость структуры атома, теория Бора, Бальмер, дискретный спектр.

### Введение

Фактически в статье речь идет о траектории движения электрона в электрическом поле ядра атома. Хорошо известно [1], что современная квантовая физика постановку вопроса о траектории движения электрона считает некорректной. Правильной считается постановка вопроса о вероятности нахождения электрона в той, или иной точке пространства вокруг ядра атома.

На первом этапе развития квантовой теории была принята идея Резерфорда о планетарном строении атома и идеи Бора о поведении электрона в электрическом поле ядра атома водорода. В дальнейшем по ходу развития квантовых представлений от некоторых идей Бора физики отказались и устойчивое состояние атома, как водорода, так и любого другого атома, безоговорочно принято теперь описывать набором из четырех квантовых чисел. Каждому устойчивому состоянию атома соответствует исключительно конкретный набор четырех квантовых чисел, конкретно:  $n$ -главное квантовое число, описывающее энергетическое состояние атома с электроном на конкретной орбите и радиус орбиты,  $l$ - орбитальное квантовое число, указывающее момент импульса электрона на данной орбите,  $m_l$ -магнитное квантовое число,  $s_i$ -спиновое квантовое число. Как видим, квантовая физика поведение атома представляет дискретным набором возможных состояний. Переходы из одного состояния в другое квантовая физика видит в приобретении или же в избавлении порций энергии, производимое фотонами при их поглощении или же излучении.

### Цель работы

Показать, что механизм, обеспечивающий устойчивость атомной структуры может быть построен на основе классических законов движения заряженной частицы в электрических и магнитных полях.

### . Анализ вопросов устойчивости атомной структуры.

Хорошо известно [1] что в атоме за счет соответствующей величины

орбитальной скорости электрона, состояние равенства кулоновской силы силе центробежной, что является необходимым, но недостаточным условием стабильности орбиты, может иметь место при любом значении радиуса орбиты. Обоснование устойчивости орбит при выполнении необходимого условия устойчивости современная теория видит в том, что на *нормально* устойчивых орбитах (стационарных) на длине орбиты электрона укладывается обязательно целое число длин волн Де Бройля. Чтобы такое условие выполнялось автоматически, Бор предположил, что *момент импульса электрона*  $L$  квантуется, т.е. он кратен постоянной Планка  $\hbar$ . Конкретно:

$$L = m_e v r_e = n \hbar \quad (1),$$

Где:  $m_e$  - масса электрона,  $v$  - орбитальная скорость электрона,  $r_e$  - радиус орбиты электрона,  $n$  - целое число (оно же главное квантовое). Учитывая, что длина волны Де Бройля:

$$\lambda = \frac{2\pi\hbar}{m_e v} \quad (2),$$

из (1) и (2) находим:

$$\frac{2\pi r_e}{\lambda} = n \quad (3).$$

Уравнение (3) совместно с выполнением равенства кулоновской силы и центробежной описывает вариант Боровского условия устойчивости орбит.

Итак, **квантованием момента импульса** и условием **равенства сил кулоновской и центробежной** Бор выделил набор так называемых стационарных орбит (постулат Бора), на которых электрон может находиться длительное время и при этом не излучает фотонов. Постулат Бора подтверждается законами электродинамики. Действительно, по закону электродинамики проводник замкнутой формы (т.е. не обязательно кольцевой), запитанный *постоянным* током, не излучает.

Экспериментально полученные Бальмером и др. серийные зависимости дискретного спектра излучения водорода несомненно подтверждают постулаты Бора хотя бы в плане **рецепта** для определения спектра излучения.

Для нас здесь существенно отметить, что Бор не игнорировал вопросы обеспечения устойчивости атомной структуры.

При переходе к правилу с четырьмя квантовыми числами современной квантовой теорией предполагается, что условия равновесия не нарушаются. По-прежнему, как и у Бора, считается, что длина именно стационарных орбит электрона целочисленно кратна длине волны Де-Бройля. Так ли это? Момент импульса в современной теории определяется из формулы:

$$L^2 = l(l+1)\hbar^2 \quad (4),$$

поэтому на стационарных орбитах

$$\frac{2\pi r_e}{\lambda} = \sqrt{l(l+1)} \quad (5).$$

Правая часть уравнения (5) при любом целом  $l$  не может быть целым числом. Следовательно, условие устойчивости (3) физически лишается последнего аргумента.

Попытаемся более тщательно разобраться в сложившейся ситуации. Начнем с анализа идей Бора.

Теория Бора в применении к атому водорода изложена во многих источниках. Всюду теория изложена примерно одинаково, например, как в [1, 2, 3]. Бор ввел понятие об энергетическом состоянии атома, т. е. об энергии, которой обладает атом, состоящий из положительно заряженного ядра и электрона, вращающегося на какой либо *стационарной* орбите. Изменение энергетических состояний атома происходит при переходе электрона с одной стационарной орбиты на другую и сопровождается излучением (поглощением) фотона, частота которого пропорциональна разности энергий энергетических состояний. В конечном счете, *для объяснения спектров излучения, уже экспериментально установленных Бальмером и др., все действия Бора с математической моделью сводятся к определению той части энергии, которая идет на излучение фотоном.*

Должны отметить, что в работах [3, 4] и других источниках эти вычисления оставили незамеченными достаточно важный момент.

Согласно, например, источнику [3] полная энергия электрона в составе атома представляет сумму кинетической и потенциальной энергий и в общем виде равна  $W = T + U$ . Для нашего, конкретного случая, согласно принятым правилам выражению потенциальной энергии приписывается *отрицательный* знак. С учетом знака у потенциальной энергии, «полная» энергия атома, у которого электрон находится на конкретной орбите радиуса  $r$ , по Бору в системе Си равна:

$$W = \frac{mv^2}{2} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (6).$$

С учетом равенства кулоновских сил центробежным, скорость электрона на орбите радиуса  $r$  должна удовлетворять условию

$$v^2 = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m_e r} \quad (7),$$

и значение «полной» энергии на стационарной орбите равно:

$$W = -\frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r} \quad (8).$$

Согласно современным представлениям формулой (8) по Бору описывается энергетическое состояние атома. С тем, что (8) описывает энергетическое состояние атома можно согласиться. Действительно, понятие

«энергетическое состояние» является общим, оно может быть произвольным и зависит от того, что мы дальше хотим извлечь из этого понятия. Но, невозможно согласится с тем, что оно представляет полную энергию! Ибо складывать энергии с разными знаками недопустимо по определению полной энергии. Кроме того мы , замечаем: приведенной авторами [2, 3,] формулой для потенциальной энергии

электрона  $U = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_e}$  описывается вовсе не потенциальная энергия электрона, которой он обладает на указанной орбите  $r_e$ . На самом деле, **модулем** этой функции описывается потенциальная энергия электрона, но только та, которой он лишился при движении к ядру из бесконечности в точку на расстоянии  $r_e$  от ядра атома. Электрон, находясь на орбите  $r_e$  может *ещё совершить работу*, двигаясь за счет сил поля, только по пути к поверхности ядра. Это значит, находясь на орбите  $r_e$  электрон обладает еще такой потенциальной энергией:

$$|U| = -e(\varphi_e - \varphi_{\tilde{y}}) = -e\left(\frac{+e}{4\pi\epsilon_0 r_e} - \frac{+e}{4\pi\epsilon_0 r_{\tilde{y}}}\right) = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_{\tilde{y}}} - \frac{1}{r_e}\right) \quad (9)$$

Где:  $\varphi_e$  - потенциал электрического поля ядра на расстоянии  $r_e$  от ядра,  $\varphi_{\tilde{y}}$  - то же, только на поверхности ядра  $r_{\tilde{y}}$  - радиус ядра атома.

Теперь, не вводя понятия «энергетическое состояние атома», рассмотрим действия с энергиями на примере перехода с орбиты  $n=2$ , на орбиту  $n=1$ .

Итак, радиусы орбит обозначим  $r_2$  и  $r_1$ . После завершения перехода со второй орбиты на первую, электрон избавляется от потенциальной энергии в количестве, равном:

$$\Delta U = -e\left(\frac{+e}{4\pi\epsilon_0 r_2} - \frac{+e}{4\pi\epsilon_0 r_1}\right) = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \quad (10).$$

Эта энергия тратится на увеличение кинетической энергии электрона и на излучение. Условие равновесия кулоновских сил центробежным (7), требует, чтобы на орбите более близкой к ядру орбитальная скорость электрона была большей, чем на дальней. Т.е., прирост кинетической энергии обусловлен чисто соблюдением необходимого условия равновесия. Действительно, при переходе со второй орбиты на первую на увеличение кинетической энергии тратится энергия

$$\Delta T = T_1 - T_2 = \frac{m_e v_1^2}{2} - \frac{m_e v_2^2}{2}. \quad (11)$$

Подставляя в (11), значения скоростей, найденных из условия условий равенства кулоновских сил центробежным(7), находим ту часть потенциальной энергии, которая тратится на увеличение кинетической энергии

$$\Delta T = \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right). \quad (12)$$

Соотношения (10) и (12) показывают интересный результат: *потенциальная энергия (10), теряемая электроном при переходе с одной конкретной орбиты на конкретную другую расходуется ровно пополам : половина на излучение и половина на прирост кинетической энергии электрона (12).* Этот результат, касающийся энергии, идущей на *излучение*, в точности соответствует тому, что получил Бор, используя понятие энергетического состояния. Действительно 
$$\Delta W = W_2 - W_1 = -\frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r_2} + \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r_1} = \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right).$$
 Таким

образом, введенное Бором понятие «энергетическое состояние» атома физически не является понятным, но не препятствует, в конечном счете, правильному вычислению частот излучения атома водорода, разумеется, в предположении, что частота излучения  $\nu = h \cdot \Delta W$

Не пошел Бор по пути более наглядных вычислений возможно потому, что ему при этом пришлось бы объяснять, за счет какого механизма происходит увеличение орбитальной скорости электрона. Фактически, введением понятия «энергетическое состояние атома», Бор сразу учел, что из всей потенциальной энергии теряемой электроном при переходе с одной орбиты на другую, часть ее, *в необходимом количестве*, тратится на увеличение кинетической энергии электрона, точнее, на увеличение его орбитальной скорости, что и обеспечивает устойчивость атомной структуры.

Ясно, что переход к правилам квантовой четверки чисел был совершен под давлением вновь открывшихся экспериментальных фактов. При этом, теоретикам пришлось пожертвовать Боровскими, чисто физическими принципами обеспечения требований устойчивости. (А возможно ими просто *не было замечено* потери устойчивости).

В общем, тот факт, что *атом в квантовой теории не является устойчивой структурой*, не афишируется.

Сказанное подтверждается данными таблицы №1. В таблице №1 приведены расчетные значения орбитальных скоростей и оборотов электронов для главных квантовых чисел  $n = 1, n = 2, n = 3, n = 4$ ; при различных подходах: Бор-классический, квантовый, авторский.

Таблица №1

| $n$ -гл. квант. число | $r_i$ - радиус орбиты  | $v_i$ - скор. по Бору | $N$ - обор. по Бору   | $v_i$ - скор. квант. | $N$ - обор. квант.    | $v_i$ - скор. автор. | $N$ - Обор. автор.    |
|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| 1                     | $0.529 \cdot 10^{-10}$ | $21.9 \cdot 10^5$     | $6.6 \cdot 10^{15}$   | ===                  | ===                   | $17.08 \cdot 10^5$   | $5.12 \cdot 10^{15}$  |
| 2                     | $2.116 \cdot 10^{-10}$ | $10.9 \cdot 10^5$     | $0.82 \cdot 10^{15}$  | $7.69 \cdot 10^5$    | $0.58 \cdot 10^{15}$  | $8.54 \cdot 10^5$    | $0.64 \cdot 10^{15}$  |
| 3                     | $4.76 \cdot 10^{-10}$  | $7.7 \cdot 10^5$      | $0.24 \cdot 10^{15}$  | $5.94 \cdot 10^5$    | $0.197 \cdot 10^{15}$ | $5.69 \cdot 10^5$    | $0.19 \cdot 10^{15}$  |
| 4                     | $8.464 \cdot 10^{-10}$ | $5.47 \cdot 10^5$     | $0.103 \cdot 10^{15}$ | $4.72 \cdot 10^5$    | $0.087 \cdot 10^{15}$ | $4.27 \cdot 10^5$    | $0.080 \cdot 10^{15}$ |

Из таблицы следует: квантовый подход при любом главном квантовом числе солидно не добивается орбитальной скорости (оборотов), необходимых для

выполнения условия равновесия, хотя бы и неустойчивого. Например, на второй орбите, у которой  $r_e = 2.116 \cdot 10^{-10}$  м, орбитальная скорость электрона равна  $7.69 \cdot 10^5$  м/сек при необходимой  $10.9 \cdot 10^5$  м/сек. Для первой орбиты квантовый подход вообще не дает никакой скорости ( в этих ячейках таблицы поставлен прочерк). Как видим, налицо не выполнение необходимого условия устойчивости на всех без исключения стационарных орбитах.

Кроме того, не выполняется деление энергии пополам на излучение и прирост кинетической энергии электрона при переходе его с удаленной от ядра орбиты на более близкую. Так, например, при переходе электрона с третьей орбиты на вторую, потенциальная энергия электрона уменьшается на

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} \right) = 6 \times 10^{-19} \text{ Дж},$$

а разность энергий этих двух энергетических состояний

по Бору составляет  $3 \times 10^{-19}$  Дж. И на излучение должна тратиться энергия именно  $3 \times 10^{-19}$  Дж. Согласно же квантовым подходам, представленным в табл. №1, на прирост кинетической энергии тратится энергия равная примерно  $1 \times 10^{-19}$  Дж. Следовательно, если мы признаем закон сохранения энергии и квантовый подход, то на излучение должно уходить  $5 \times 10^{-19}$  Дж. Но, по Бору эта энергия должна составлять всего лишь  $3 \times 10^{-19}$  Дж.. Следовательно, по современной теории, мы должны признать, что на излучение уходит энергия равная  $5 \times 10^{-19}$  Дж., а не  $6 \times 10^{-19} / 2 = 3 \times 10^{-19}$  Дж. Те же расчеты для авторского варианта дают: на прирост кинетической энергии расходуется  $1.8 \times 10^{-19}$  Дж, на излучение -  $4.2 \times 10^{-19}$  Дж. Как видим, распределение энергий, идущей на излучение и на увеличение кинетической составляющей энергии электрона, в авторском варианте видения поведения электрона, выглядит **аналогично квантовым**. Очевидно, что для квантового и авторского подхода проблема устойчивости атомной структуры (в количественном отношении) выглядит одинаково. В обоих случаях распределение энергии на излучение и увеличение орбитальной скорости электрона происходит не так, как у Бора. Почему? Ответ будет ясен при рассмотрении предлагаемого автором механизма, обеспечивающего устойчивость атомной структуры.

Пока же мы имеем ситуацию, при которой поведение электрона в атоме оценивается лишь статистическими методами, и не найден механизм обеспечения устойчивости даже не только на первой, но и на остальных стационарных орбитах.

### **Обоснование необходимости существования траектории движения электрона в составе атома.**

Хорошо известно, что в электронно-лучевой трубке электроны перемещаются от катода к аноду, а значит имеют траекторию. То же можно сказать об электронах в лазере на свободных электронах, в ускорителях и др. Всюду траектория движения электронов в этих устройствах полностью

обусловлена электрическим, и магнитным полями на пути их перемещения. С учетом принципа суперпозиции, это наводит на мысль, что возможно и в атоме движение электронов в поле ядра атома подчиняется тем же законам электродинамики, коим подчиняются электроны выше перечисленных устройств.

### **Уточнение физических характеристик электрона.**

Основные физические характеристики электрона, такие, как масса, заряд полагаются неизменными. Уточнению подвергнуто лишь размер электрона.

Как будет показано ниже, именно размеры электрона существенно влияют на движение последнего в составе атома, т.е. в электрическом поле ядра атома. Поэтому, учет уточненного размера электрона позволяет по новому взглянуть на его поведение в составе атома и поискать механизм устойчивости орбит.

Размер электрона впервые был определен Томсоном. Томсон полагал, что энергия электрического поля электрона, которая зависит от радиуса электрона, равна в точности его внутренней энергии. Исходя из этого предположения Томсон вычислил радиус электрона, что в физических справочниках представлено как классический радиус электрона, равный  $R_e = 2.8 \times 10^{-15}$  м.

В настоящее время, как на основании экспериментов, так и на основе логического анализа, было уточнено размер электрона. Во первых, современниками [5] было указано, что Томсон допустил ошибку в определении размера электрона и эта ошибочная величина продолжает тиражироваться из справочника в справочник. Правильное значение радиуса, на основе все тех же предположений Томсона  $R_e = 1.4 \times 10^{-15}$  м. Попытки ученых экспериментально измерить радиус электрона, показали, что радиус электрона в опытах, в которых чувствительность была доведена до  $10^{-18}$  м, меньше этой величины [6].

Самые удивительные и неожиданные данные, полученные экспериментально и логический анализ [7] говорят, что радиус электрона не может превышать  $10^{-22}$  м.

### **Физический аналог поведения электрона в составе атома**

Автором было замечено, что прямой аналогией поведения электронов в атоме является поведение электронов в катушке установки для получения сверхсильных магнитных полей. Имеются ввиду установки, в которых применен кумулятивный способ концентрации магнитного потока.

Однако прежде должны уточнить суть процесса концентрации магнитного потока. Дело в том, что название концентрация магнитного потока по-видимому неудачное. Ибо никакой концентрации магнитного потока в упомянутых установках не происходит. Действительно, пусть, например, токопроводящее кольцо диаметром  $D$ , запитанное постоянным током  $I$  сжимают до диаметра  $\frac{D}{2}$  при том же токе  $I$ . В соответствующих точках большого и малого колец всюду в меньшем кольце индукция возрастет в два раза, а вот площадь меньшего кольца в четыре раза меньше, чем у исходного кольца. Это значит, магнитный поток в

сжатом кольце не сохранился (сконцентрировавшись), а даже уменьшился и, потому говорить о концентрации магнитного потока как таковой, не есть корректно. На самом деле, под действием взрывчатки кольцо очень быстро сжимается, электроны проводимости под действием взрыва быстро «проваливаются» в собственное магнитное поле, созданное начальным током  $I$ , и под действием силы Лоренца движутся так, что начальный ток в кольце возрастает, электроны «проваливаются» в более сильное магнитное поле, что приводит к увеличению орбитальной скорости электронов, а, значит, к увеличению магнитного поля в сжимаемом кольце. Аналогичный процесс мы наблюдаем в атоме. Орбитальное движение электрона создает начальный ток, следовательно, и магнитное поле. Под действием *кулоновских* сил, электрон падает на ядро. Т.е. «проваливается» в собственное магнитное поле, и за счет силы Лоренца **увеличивает орбитальную скорость**. При этом падению электрона на ядро препятствуют не только возросшая центробежная сила, но и радиальная *сила Лоренца*, создаваемая орбитальным движением электрона в возрастающем собственном магнитном поле. Для того, чтобы в нужном количественном соотношении такой процесс действительно имел место, необходимо достаточно сильное магнитное поле у поверхности электрона ( При не уточненном Томсоновском значении радиуса электрона взаимодействие электрона с собственным магнитным полем количественно не обеспечивает устойчивость орбит).

#### **Уравнение движения электрона, описывающее его траекторию в составе атома.**

Уравнение движения электрона в атоме составляется с учетом выше изложенной идеи, и факта, что кулоновские силы в атоме являются поставщиками энергии и выполняют роль, аналогичную роли взрывчатки в устройствах получения сверхсильных магнитных полей.

Значение индукция магнитного поля, создаваемого орбитальным движением электрона в точках пространства, расположенных на расстоянии радиуса электрона от линии орбиты электрона в системе СИ определяется формулой:

$$B = \frac{\mu_0 e N}{2\pi R_e} = \frac{\mu_0 e V_{\perp}}{2\pi R_e 2\pi r_e} = \frac{\mu_0 e V_{\perp}}{4\pi^2 R_e r_e} \quad .(13),$$

где  $N$  - количество оборотов электрона вокруг ядра.



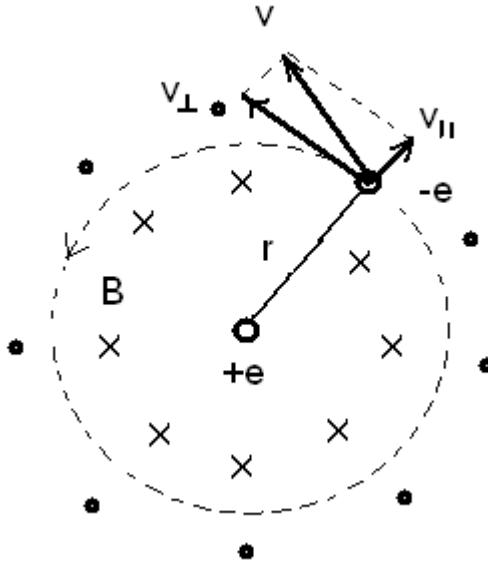


Рис.1

На рис.1 представлен атом, состоящий из ядра в центре и вращающегося электрона на орбите радиуса  $r_e$  с орбитальной скоростью  $V$ . Вектор скорости мы разлагаем на две составляющие:  $V_{\perp}$  - орбитальная,  $V_{\parallel}$  - радиальная.

*Непрерывное действие кулоновских сил обеспечивает нахождение электрона все время в магнитном поле, расположенном внутри орбиты электрона*

. Поэтому, сила Лоренца вдоль радиуса в положительном его направлении равна :

$$F_{\parallel} = -e \vec{V}_{\perp} \times \vec{B} = \frac{\mu_0 e^2 V_{\perp}^2}{4\pi^2 R_e r} \quad (14).$$

Орбитальная сила Лоренца в направлении орбитальной скорости равна :

$$F_{\perp} = -e \vec{V}_{\parallel} \times \vec{B} = -\frac{\mu_0 e^2 V_{\parallel} V_{\perp}}{4\pi^2 R_e r} \quad (15)$$

Приращение орбитальной скорости, вызванное орбитальной силой Лоренца:

$$dV_{\perp} = \frac{F_{\perp}}{m_e} dt = -\frac{\mu_0 e^2 V_{\parallel} V_{\perp}}{4\pi^2 R_e r m_e} dt \quad (16)$$

Учитывая, что  $V_{\parallel} = \frac{dr}{dt}$ , уравнение (16) сводится к виду:

$$\frac{dV_{\perp}}{V_{\perp}} = -A \frac{dr}{r} \quad (17),$$

где:  $A = \frac{\mu_0 e^2}{4\pi^2 R_e m_e}$ . Решение уравнения (16) имеет вид:

$$V_{\perp} = V_{\perp 0} \left( \frac{r_0}{r} \right)^A \quad (18),$$

где:  $V_{\perp 0}$  - орбитальная скорость, когда электрон находится на начальной орбите  $r_0$ .

Согласно закону Ньютона, уравнение движения электрона (пока без учета затрат энергии на излучение) имеет общий вид:  $m_e \frac{d^2 r}{dt^2} = F_{\ddot{a}a} - F_{\ddot{e}e} + F_{\square}$ . С учетом значения сил, уравнение движения записывается

$$: m_e \frac{d^2 r}{dt^2} = \frac{m_e V_{\perp}^2}{r} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} + \frac{\mu_0 e^2 V_{\perp}^2}{4\pi^2 R_e r} \quad (19).$$

Произведя преобразования и учитывая начальные условия (18), уравнение движения принимает вид:

$$\frac{d^2 r}{dt^2} = (1 + A) \frac{V_{\perp 0}^2}{r} \left( \frac{r_0}{r} \right)^{2A} - \frac{D}{r^2} \quad (20),$$

где:  $D = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m_e} = 253.18 \frac{\text{нм}^3}{\text{нм}^2}$ , а  $A = 0.64$ , если  $R_e = 1.4 \cdot 10^{-15}$  м.

В конкретных примерах в уравнения движения электрона добавляется член, учитывающий затухание амплитуды колебаний электрона, возникающее за счет излучения.

### Примеры результатов расчета движения электрона в составе атома

На рис.2 – рис.5 представлены результаты вычислений траекторий электрона в атоме водорода, выполненные программой Mat.Cad. На этих рисунках в достаточной степени представлены наиболее характерные моменты траекторий движения электрона. В этих расчетах  $y \equiv r$ . Поскольку наглядное решение в Mat.Cad из-за высоких частот колебаний электрона можно реализовать только на сравнительно небольших начальных участках траектории, то, с целью демонстрации поведения электрона в более поздние времена затухание в уравнениях сильно преувеличено. Кроме того, по указанным причинам, последнее взято для случая затухания, происходящего по образу и подобию затухания в элементарном магнитном излучателе, хотя излучение в атоме происходит отлично как от излучения элементарного магнитного излучателя, так и от излучения элементарного электрического дипольного излучателя. (Поскольку затухание не ухудшает устойчивость траектории, то

вопрос о реальном затухании сочтено возможным пока отложить).

В уравнение движения электрона затухание введено членом со множителем **P**.

$$\begin{aligned}
 B &:= 0.495 & D &:= 253.18 & P &:= 7 \cdot 10^{-5} \\
 \text{Given} \\
 y''(t) - B \cdot (y(t)^{-2.28}) + D \cdot y(t)^{-2} + P \cdot y(t)^{-1.64} \cdot y'(t) &= 0 \\
 y'(0) &= 0 \\
 y(0) &= 4.76 \cdot 10^{-10} \\
 y &:= \text{Odesolve}(t, 10^{-11})
 \end{aligned}$$

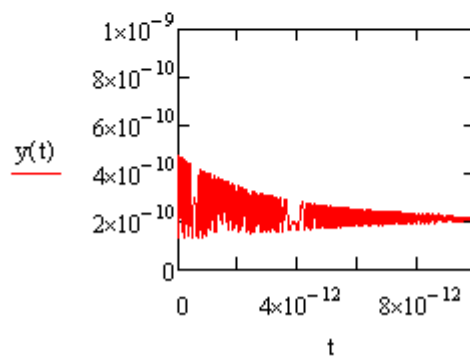


Рис.2

$$\begin{aligned}
 B &:= 0.495 & D &:= 253.18 & P &:= 7 \cdot 10^{-5} \\
 \text{Given} \\
 y''(t) - B \cdot (y(t)^{-2.28}) + D \cdot y(t)^{-2} + P \cdot y(t)^{-1.64} \cdot y'(t) &= 0 \\
 y'(0) &= 0 \\
 y(0) &= 2.116 \cdot 10^{-10} \\
 y &:= \text{Odesolve}(t, 10^{-11})
 \end{aligned}$$

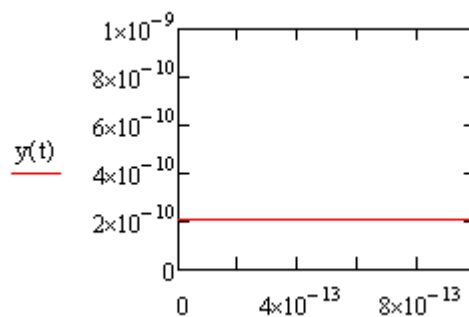


Рис.3

$B := 0.495$                        $D := 253.18$                        $P := 7 \cdot 10^{-5}$   
 Given  
 $y''(t) - B \cdot (y(t)^{-2.28}) + D \cdot y(t)^{-2} + P \cdot y(t)^{-1.64} \cdot y'(t) = 0$   
 $y'(0) = 0$   
 $y(0) = 1.58 \cdot 10^{-10}$   
 $y := \text{Odesolve}(t, 10^{-11})$

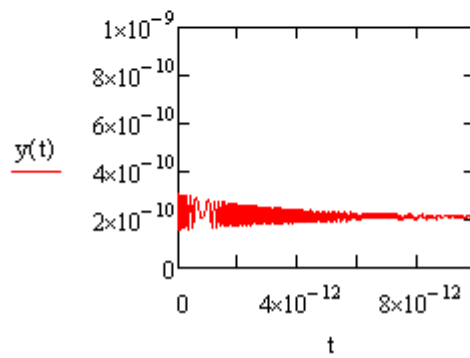


Рис.4

$B := 0.495$                        $D := 253.18$                        $P := 7 \cdot 10^{-3}$   
 Given  
 $y''(t) - B \cdot y(t)^{-2.28} + D \cdot y(t)^{-2} + P \cdot y(t)^{-1.64} \cdot y'(t) = 0$   
 $y(0) = 8.464 \times 10^{-10}$   
 $y'(0) = 0$   
 $y := \text{Odesolve}(t, 10^{-13})$

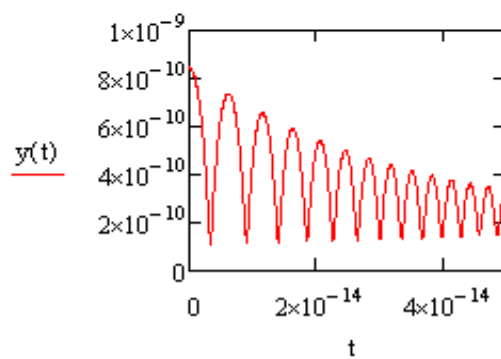


Рис.5

## Обсуждение результатов расчета.

Во всех уравнениях движения электронов, представленных рис.2-рис.5 коэффициент  $B$  вычислялся по формуле  $B = (1 + A)V_{0\perp}^2 r_0^{2A}$ . При этом принималось  $R_e = 1.4 \cdot 10^{-15}$  м, соответственно  $A = 0,64$ . На стационарных орбитах выполняется условие

$$\frac{\partial^2 r}{\partial t^2} = 0 \quad (21)$$

и потому

$$V_{0\perp}^2 = \frac{D}{(1 + A)r_0} \quad (22) .$$

Представленные здесь варианты движения электронов вычислены в отсутствие каких либо внешних воздействий на электрон, в том числе, и со стороны соседних атомов (на весь период вычисления), естественно, за исключением расходов энергии на излучение. Итоговый результат внешнего воздействия (возникшего к моменту начала вычисления движения электронов) в уравнениях учтен лишь изменением начального положения электрона на орбите, т. е. заданием значения  $y(0)$ .

В табл. №1 представлены значения именно  $V_{0\perp}$ , т.е. те, которые в сочетании с соответствующими  $r_0$ , делают орбиты стационарными – неизлучающими. Такая орбита представлена на Рис.3 для главного квантового числа  $n = 2$ ,  $r_0 = 2.116 \times 10^{-10}$  м. Если электрон окажется вне заданной коэффициентом  $B$  стационарной орбиты, то совершая колебания электрон возвращается на стационарную орбиту, что показано Рис.2 и Рис.4. На Рис.2 изображен переход с третьей орбиты на вторую, На Рис.4 переход с более низкой на вторую.

Наконец, Рис.5 демонстрирует рост частоты колебаний электрона по мере удаления от начала перехода. Такое изменение частоты наблюдается в лазерах УКИ. Вообще, увеличение частоты колебаний по мере затухания характерно именно для квантового осциллятора [8]. Это значит, что атом является квантовым осциллятором даже в модели классического поведения электрона, касающегося именно взаимодействия с электрическим и магнитным полем.

Во всех случаях траектория движения электрона при колебании представляет собой периодическое поочередное сжатие и распрямление спирали. Стационарная орбита может иметь размер не только тот, который был определен Бором. В уравнении движения стационарная орбита определяется коэффициентом  $B$ . При заданном размере орбиты  $r_0$  по формуле (22) вычисляется соответствующее значение скорости.

## Выводы

1. Если признается реальной планетарная модель строения атома, то

должны признать, что вопрос устойчивости атомной структуры является *первостепенным*, с вытекающими отсюда следствиями, и, естественно, должен быть решен первоочередно.

2. Предложенный автором механизм обеспечения устойчивости атомной структуры на сегодняшний день является *единственно возможным, реализуемым без привлечения новых физических сущностей*. Конкретно: в реальной траектории движения электрона в составе атома условие устойчивости физически обеспечивается частично, как и у Бора, за счет равенства сил кулоновской и центробежной и дополнительно за счет радиальной силы Лоренца, а также соответствующего увеличения центробежной силы, вызванного изменением (увеличением) орбитальной скорости под действием орбитальной силы Лоренца. Все подтверждается расчетами на ЭВМ.
3. Орбита может быть устойчивой, если начальные условия сложатся так, что будет выполняться уравнение(22). Это говорит о том, что вопросы устойчивости атомной структуры решены правильно.
4. Значения скоростей для стационарных орбит, приведенные в табл.1, полученные из уравнения движения очень близки к тем значениям, которые дает квантовая механика. Это означает, что поведение атома на стационарных орбитах, заданное действием предложенного механизма устойчивости атомной структуры, не противоречит описанию с помощью четверки квантовых чисел. Точные значения скоростей можно будет получить после надежного уточнения размера электрона, определения и учета степени «погружения» электрона в магнитное поле, создаваемое радиальным движением, а так же учета взаимодействия с соседними атомами и внешним источником энергии. Но это будет уже вторым шагом.

### **Литература:**

1. Блохинцев Д. И. Основы квантовой механики. -М. Изд-во «Наука» Главная редакция физмат. литературы. -1974 г. -с.608
2. Детлаф А. А., Яворский Б. М. Курс физики Том3,- М. «Высшая школа»- 1979г.-с. 603
3. Королев Ф. А. Курс физики. –М. «Просвещение» - 1974г.-с.604.
4. Волны Де Бройля.Физическая энциклопедия. Интернет. [http://femto.com/ua/artikles/part\\_1/0570/html](http://femto.com/ua/artikles/part_1/0570/html)
5. Мисюченко И. Размер электрона и Томсоновское рассеяние. Интернет [www.wikiznanie.ru/wikipedia/index/php/электрон\\_\(частица\)](http://www.wikiznanie.ru/wikipedia/index/php/электрон_(частица))
6. Радиус электрона/Формулы и расчеты Онлайн-Fxyz.ru Интернет [https://www.fxyz.ru/формулы\\_по\\_физике/атомная\\_физика.../Радиус электрона/](https://www.fxyz.ru/формулы_по_физике/атомная_физика.../Радиус_электрона/)
7. Dehmelt H. A single Atomic Particle Forever Floats at Rest in Free Space: New Value for Electron Radius /H. Dehmelt// Physica Scripta.-1988-vol.1988,T22.-p.102-104.
8. Дьяков В. А. Введение в квантовую электронику. –М. «Энергия»- 1969г.-с.264

## Дополнение

Внимательный читатель должен был бы заметить, умышленно умалчиваемое автором, следующее обстоятельство: современные представления поведения электрона, описываемое четверкой квантовых чисел приводит к противоречию идеи фотонного излучения закону сохранения энергии. Так при переходе с третьей орбиты на вторую, как было сказано в статье выше, на излучение, согласно Бору и квантовым представлениям ( т.е. самому точному закону в физике) должно тратиться энергия порядка  $3 \times 10^{-19}$  дж. На необходимое увеличение кинетической энергии тратится порядка  $1 \times 10^{-19}$  дж. Потенциальная энергия, теряемая электроном из-за смены орбиты, составляет примерно  $6 \times 10^{-19}$  дж. Поскольку на излучение и прирост кинетической энергии тратится только  $4 \times 10^{-19}$ , то возникает вопрос : куда девается энергия, равная примерно  $2 \times 10^{-19}$  дж?

Проверяем: Упомянутый переход относится к серии Бальмера и длина волны излучения составляет 6583 ангстрема. Если это фотон , то его энергия равна  $E = 2\pi\hbar\nu = 2\pi\hbar\frac{c}{\lambda} = 6,626 \times 10^{-34} \frac{3 \times 10^8}{6583 \times 10^{-10}} = 3,025 \times 10^{-19}$  дж. На второй и на третьей орбитах электрон обладает моментом импульса , определяемом из выражения  $M^2 = \ell(\ell+1)\hbar^2$  .Согласно справочнику по физике Яворского и Детлафа, кинетическая энергия вычисляется по формуле  $E_k = \frac{M^2}{2mr^2}$  . Эта энергия на третьей орбите ( $r_3 = 4,76 \times 10^{-10}$  м,  $\ell_3 = 2$  ,  $m = 9,1 \times 10^{-31}$  кг) равна  $E_{k3} = 1,6 \times 10^{-19}$  дж. Соответственно для второй орбиты  $r_2 = 2,116 \times 10^{-10}$  м,  $\ell_2 = 1$ ,  $m = 9,1 \times 10^{-31}$  кг,  $E_{k2} = 2,7 \times 10^{-19}$  дж. Следовательно, на прирост кинетической энергии или момента импульса тратится энергия  $\Delta E_{32} = 1,1 \times 10^{-19}$  дж. Таким образом , если придерживаться квантовых представлений и фотонной интерпретации необходимо объяснить куда девается энергия порядка  $1,875 \times 10^{-19}$  дж.

Очевидно, такая же ситуация имеет место и при других переходах электрона.

Чтобы утрясти данное противоречие, очевидно в распоряжении физиков имеется лишь такие возможности, а именно: 1 - предположить, что закон изменения стационарных орбит несколько иной, чем у Бора, 2 - отказаться от фотонных представлений. Действительно, например, для того чтобы колебания электрона происходили на частоте максимальной в серии Лаймана, орбита электрона не должна превышать 1,07 ангстрема. Радиус

этой орбиты вычислен из условия, что на этой орбите квадрат круговой частоты равен возвращающей силе (кулоновская сила), приходящейся на единицу массы и единицу длины смещения электрона по радиусу орбиты.

В завершение отметим: нарушение закона сохранения энергии и не обеспечение условий устойчивости атомной структуры являются недопустимыми в любой теории, хоть в квантовой, хоть в классической.

Поскольку для упомянутой утряски, а также для приведения в соответствие частот излучения необходимо одновременное нарушение фотонных представлений и изменения величин стационарных орбит, а также учитывая, что фотонные представления на сегодня являются «священной коровой» и критике не подлежат, сегодня не представляется возможным разработка альтернативной теории поведения электрона в составе атома. Именно поэтому, в упомянутой статье автора рассмотрен лишь вопрос устойчивости атомной структуры. При этом, автор убежден, что предложенный в статье вариант обеспечения устойчивости для планетарной системы является единственно возможным.

Автор: valpick@ukr.net